

## Schottky emission cathode used in electron beam lithography has a heating wire, a single crystal needle, and a supply of zirconium dioxide and a phase-stabilizing element

Patent Number: DE10029840  
Publication date: 2001-01-04  
Inventor(s): DUVAL PAUL J (US)  
Applicant(s): SCHLUMBERGER TECHNOLOGIES INC (US)  
Requested Patent: DE10029840  
Application Number: DE20001029840 20000616  
Priority Number(s): US19990343107 19990629  
IPC Classification: H01J1/28; H01J9/02; H01J37/06  
EC Classification: H01J1/144, H01J1/28, H01J37/06  
Equivalents: FR2795861, JP2001052596

---

### Abstract

---

Schottky emission cathode has a heating wire (2) made of first heat-resistant metal, a single crystal needle (1) made of a second heat-resistant metal and connected to the wire, and a supply of ZrO<sub>2</sub> (3) and a phase-stabilizing element on the needle, wire or connection between the needle and the wire. An Independent claim is also included for a process for stabilizing a ZrO<sub>2</sub> supply of a Schottky emission cathode. Preferred Features: The first and second heat-resistant metal is tungsten with a orientation. The phase-stabilizing element or the connection is made of CaO, MgO or Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 29 840 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**H 01 J 1/28**  
H 01 J 9/02  
H 01 J 37/06

⑲ Aktenzeichen: 100 29 840.0  
⑳ Anmeldetag: 16. 6. 2000  
④③ Offenlegungstag: 4. 1. 2001

DE 100 29 840 A 1

③⑩ Unionspriorität:  
343107 29. 06. 1999 US

⑦① Anmelder:  
Schlumberger Technologies Inc., San Jose, Calif.,  
US

⑦④ Vertreter:  
Rüger und Kollegen, 73728 Esslingen

⑦② Erfinder:  
Duval, Paul J., Lexington, Mass., US

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤④ Schottky-Emissions-Kathode mit einem stabilisierten  $\text{ZrO}_2$ -Vorrat

⑤⑦ Eine Schottky-Emissions-Kathode, die einen aus einem ersten hitzebeständigen Metall gefertigten Heizfaden, eine Einkristallnadel, die eine Facette aufweist, aus einem zweiten hitzebeständigen Metall hergestellt ist und mit dem Heizfaden verbunden ist, und einen Vorrat enthält, der wenigstens an der Einkristallnadel und/oder dem Heizfaden und/oder der Verbindung zwischen der Einkristallnadel und dem Heizfaden angeordnet ist. Der Vorrat enthält  $\text{ZrO}_2$  und ein phasenstabilisierendes Element oder eine Verbindung, das oder die eine Phase des  $\text{ZrO}_2$  in dem Temperaturbereich von 293 bis 1800 Kelvin stabilisiert. Das phasenstabilisierende Element oder die Verbindung (i) stellt keine kontaminierende Substanz für die Einkristallnadel dar und (ii) setzt die Austrittsarbeit irgend einer anderen Kristallfacette der Einkristallnadel nicht wesentlich herauf.

DE 100 29 840 A 1

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist eine Schottky-Emissions-Kathode, die einen stabilisierten  $ZrO_2$  Vorrat aufweist. Im Speziellen ist die vorliegende Erfindung auf eine Schottky-Emissions-Kathode gerichtet, die einen  $ZrO_2$ -Vorrat und ein phasenstabilisierendes Element oder eine Verbindung, wie bspw.  $CaO$ ,  $Y_2O_3$  oder  $MgO$ , enthält.

In Einrichtungen, die Elektronenstrahlen nutzen, wie in einem Elektronenmikroskop oder in einem System zur Elektronenstrahlolithografie, werden Elektronenquellen verwendet. Für solche Elektronenquellen ist eine Kathode erforderlich, die eine hohe Leuchtstärke ermöglicht, eine lange Lebensdauer und eine hohe Stabilität aufweist sowie eine akzeptable Ausbeute bei der Herstellung gestattet.

Wie in der US-PS 5.838.096 beschrieben, auf die hiermit verwiesen wird, ist in den kürzlich vergangenen Jahren die Verwendung einer als "Schottky-Kathode" bezeichneten Elektronenquelle aufgekommen, die eine höhere Leuchtstärke hat als die früher verwendete thermische Elektronenquelle aus  $LaB_6$ , einfacher zu handhaben ist als die zuvor angewandte Feldemissionsquelle aus  $W <310>$  und hinsichtlich der Elektronenemission stabil ist. In einer herkömmlichen Schottky-Kathode ist an der Kathode selbst ein Vorrat mit Metall, bspw. Zirkonium oder Titan, Sauerstoff oder dgl. vorgesehen, der zur Bereitstellung von Atomen eines Metalls, Sauerstoff und dgl. für eine nadelförmige Einkristallspitze aus  $W <100>$  durch Thermodiffusion und zur Bildung einer Adsorptionsschicht dient, wodurch die Austrittsarbeit der Einkristallspitze herabgesetzt wird. Dies ermöglicht eine stabile Elektronenstrahlung bei hoher Helligkeit oder Leuchtdichte. Falls eine solche Schottky-Kathode verwendet wird, wird an der Einkristallspitze aus  $W <100>$  ein elektrisches Feld angelegt und diese bei einer Temperatur zwischen 1000 und 2000 K geheizt, um thermisch angeregte Elektronen zu emittieren.

Bei einer Schottky-Kathode erfordert die Herstellung eines Vorrats zum Bereitstellen von an der Oberfläche einer nadelförmigen Einkristallspitze zu adsorbierenden Atomen eines Metalls zur Elektronenemission das Auftragen eines Pulvers für den Vorrat und das Sintern durch Aufheizen im Vakuum bei einer hohen Temperatur.

In der US-PS 3.814.975, auf die hiermit verwiesen wird, ist ein Verfahren zur Ausbildung eines Vorrats zur Bereitstellung von Atomen eines Metalls beschrieben, die an der Oberfläche einer Einkristallspitze adsorbiert werden, wobei ein Brei aus einem Pulver einer Hydrogenverbindung und Amylacetat aufgetragen und dann durch Aufheizen in einer sauerstoffreichen Umgebung bei einer hohen Temperatur gesintert wird.

Bei der Herstellung von Schottky-Emissions-Kathoden ist bereits bekannt, zur Erniedrigung der Austrittsarbeit des Wolframs einen  $ZrO_2$ -Vorrat an einem Wolframdraht anzuordnen.

L. W. Swanson und N. A. Martin, "Field Electron Cathode Stability Studies: Zirconium/Tungsten Thermal-Field Cathode", Journal of Applied Physics, 46, Mai 1975, 2029-2050, untersuchen die Verwendung der Feldelektronen-Kathode (FE-Kathode) als Elektronenquelle für gewerbliche Geräteanwendungen, wie bspw. das thermische Rasterelektronen-Mikroskop, und beschreiben insbesondere eine zirkoniumbeschichtete Wolfram-Kathode ( $Zr/W$ -Kathode) als Thermalfeld-(TF-)Kathode in Bezug auf ihre Eignung, als FE-Kathode für Geräteanwendungen mit feinfokussiertem Elektronenstrahl zu dienen.

In L. R. Danielson und L. W. Swanson, "High Temperature Coadsorption Study of Zirconium and Oxygen on the  $W <100>$  Crystal Face", Surface Science, 88, (1979), 14-30,

ist festgestellt worden, dass das System  $Zr-O-W <100>$  ein seltenes Beispiel für eine niedrige Austrittsarbeit (2,6 eV) darstellt.

Wie in H. S. Kim, E. Krauschmer, M. L. Yu, M. G. R. Thomson und T. H. P. Chang, "Evaluation of  $Zr/O/W$  Schottky Emitters for Microcolumn Applications", (1994), 3413-3417, beschrieben, haben sich Schottky-Emissionsspitzen als geeignet erwiesen, einen Elektronenstrahl hoher Leuchtstärke mit für die konventionelle Elektronenmikroskopie und Elektronenstrahl-Lithografie guter Emissionsstabilität zu erzeugen. Kim et al. schlugen die Verwendung einer  $Zr/O/W$ -Schottky-Emissionsquelle als Alternative zu einer kalten (300 K) Feldemissionsquelle (monokristallines  $W$ ) für Mikrosäulen zur gerichteten Feldemission (aligned field emission SAFE) für scannende Rastertunnelmikroskope (scanning tunneling microscope, STM) vor.

Die  $Zr/O/W$ -Punktkathode ist außerdem in Handbook of Charged Particle Optics, CRC Press, (1997), Seite 77-81, beschrieben worden.

Die Elektronen-Emissions-Eigenschaften einer Thermalfeld-Elektronen-(TFE)-Quelle, die einen  $<100>$  orientierten Wolfram-Emitter mit einem Überzug aus Zirkonium enthält, wurde in L. W. Swanson und D. Tuggle, "Recent Progress in Thermal Field Electron Source Performance", Applications of Surface Science, 8, (1981), 185-196, berichtet.

Das  $CaO-ZrO_2$ -System ist in Craig R. Barrett et al., The Principles of Engineering Materials, (1973), S. 140-141 und in W. E. Kingery et al., Introduction to Ceramics, 2nd Edition, (1976), Seite 292, beschrieben.

Durch das Sol-Gel-Verfahren mit  $Y_2O_3$  stabilisiertes  $ZrO_2$  ist in Gianni Antonioli, Pier Paolo Lottici, Irano Manzini, Guglielmina Gnappi, Angelo Montenero, Fabio Paloschi und Philippe Parent, "An EXAFS Study of the Local Structure Around Zr Atoms in  $Y_2O_3$  Stabilized  $ZrO_2$  by Sol-Gel Method", Journal of Non-Crystal Solids, 177, 179-186 (1994) beschrieben.

Wie oben erläutert, verwenden typische Schottky-Emissions-Kathoden einen Vorrat an reinem Zirkoniumdioxid ( $ZrO_2$ ) als Quelle für  $ZrO$  an der Emissionsspitze (Jon Orloff, Charged Particle Optics, S. 78-81 (1997)). Schottky-Emissionsquellen werden gewöhnlich bei Temperaturen bis zu oder oberhalb von 1800° Kelvin betrieben. Die Zuführung von  $ZrO$  zu der Wolframspitze hat den Effekt, dass die Austrittsarbeit der Oberfläche herabgesetzt wird. Die niedrige Austrittsarbeit erlaubt es der Schottky-Emissionsquelle mit einem kleineren Feldgradienten als bei einer kalten Feldemissionsquelle eine ausreichende Anzahl von Elektronen zu bilden.

Bei vorhandenen Schottky-Emissionsquellen tritt das Problem auf, dass reines  $ZrO_2$  einen Phasenwechsel zwischen der monoklinischen und der tetragonalen Phase zeigt, wenn das Material über die Grenztemperatur des Phasengleichgewichts hinaus erhitzt oder abgekühlt wird. Der Phasenwechsel ist mit einer erheblichen Volumenänderung verbunden, die Spannungen in dem  $ZrO_2$ -Vorrat verursacht. Diese Spannungen können zu Brüchen in dem  $ZrO_2$  führen, wodurch eine Abtrennung des  $ZrO_2$  von dem Wolframdraht hervorgerufen wird. Der Verlust des  $ZrO_2$ -Materials in dem Vorrat führt zu einer starken Abnahme der Anzahl der durch die Emissionsquelle produzierten Elektronen. Außerdem können Teilchen von  $ZrO_2$ , die von dem Wolframdraht gelöst werden, zu einer Kontaminierung der Elektronenkanäle führen.

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, Risse oder Brüche in dem  $ZrO_2$ -Vorrat von Schottky-Emissions-Kathoden zu vermeiden.

Ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, eine Abtrennung des  $ZrO_2$  von dem Draht, bspw. dem Wolfram-

draht, bei Schottky-Emissions-Kathoden zu vermeiden.

Es wird auch angestrebt, eine Kontamination einer bei der Verwendung einer Schottky-Emissions-Kathode zugeordneten Elektronenkanone durch  $ZrO_2$ -Teilchen zu vermeiden.

Es wird als vorteilhaft angesehen, wenn es gelingt, den  $ZrO_2$ -Vorrat einer Schottky-Emissions-Kathode zu stabilisieren.

Die oben genannten Aufgaben, wie auch andere Aufgaben, Ziele und Vorteile werden durch die vorliegende Erfindung erfüllt.

Die Vorliegende Erfindung betrifft eine Schottky-Emissions-Kathode, die einen aus einem ersten hitzebeständigen Metall hergestellten Heizdraht, eine Einkristallnadel, die eine Facette aufweist, aus einem zweiten hitzebeständigen Metall hergestellt ist, das mit dem Heizdraht verbunden ist, und einen Vorrat aufweist, der an der Einkristallnadel und/oder dem Heizdraht und/oder einer Verbindung zwischen der Heizkristallnadel und dem Heizdraht angeordnet ist, wobei der Vorrat  $ZrO_2$  und ein phasenstabilisierendes Element oder eine Verbindung enthält, das oder die eine Phase des  $ZrO_2$  über einen Temperaturbereich von  $293^\circ$  bis  $1800^\circ$  Kelvin stabilisiert. Das phasenstabilisierende Element oder die Verbindung hat die folgenden Eigenschaften: (i) es oder sie kontaminiert nicht die Einkristallnadel und (ii) es oder sie erhöht die Austrittsarbeit irgend einer anderen Kristallfacette der Einkristallnadel nicht wesentlich.

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist außerdem ein Verfahren zur Stabilisierung eines  $ZrO_2$ -Vorrats einer Schottky-Emissions-Kathode mit einem Heizdraht und einer Einkristallnadel, die eine Facette aufweist und mit dem Heizdraht verbunden ist. Die vorliegende Erfindung verhindert eine Abtrennung von  $ZrO_2$  von dem Vorrat infolge von Brüchen des Vorrats und nachfolgende Kontamination durch große Teilchen des  $ZrO_2$ , die an dem Heizfaden in der Nähe der Spitze der Einkristallnadel oder an der Einkristallnadel angelagert werden (kleine Teilchen von  $ZrO_2$ , die durch Oberflächendiffusion aus dem Vorrat heraus die Nadel hinunter diffundieren, werden jedoch benötigt). Das Verfahren umfasst die Einbringung eines phasenstabilisierenden Elementes oder einer Verbindung in den  $ZrO_2$ -Vorrat. Das phasenstabilisierende Element oder die Verbindung stabilisiert eine Phase des  $ZrO_2$  über einen Temperaturbereich von  $293$  bis  $1800$  Kelvin. Das phasenstabilisierende Element oder die Verbindung (i) ist keine kontaminierende Substanz für die Einkristallnadel und (ii) erhöht die Austrittsarbeit irgend einer anderen Kristallfacette der Einkristallnadel nicht wesentlich.

Zu Zwecken der Erläuterung der Erfindung sind in den Zeichnungen gegenwärtig bevorzugte Ausführungsformen veranschaulicht. Selbstverständlich ist die vorliegende Erfindung jedoch nicht auf die in den Zeichnungen dargestellten genauen Anordnungen und Mittel begrenzt. Es zeigen:

Fig. 1 die Vorderansicht einer Schottky-Emissions-Kathode gemäß der vorliegenden Erfindung,

Fig. 2 eine ausschnittsweise Darstellung einer Elektronenkanone, die eine erfindungsgemäße Schottky-Emissions-Kathode enthält, in Vorderansicht, und

Fig. 3 eine detailliertere Darstellung der Spitze oder Nadel einer herkömmlichen Schottky-Emissions-Kathode, in Vorderansicht.

Der Aufbau einer erfindungsgemäßen Schottky-Emissions-Kathode wird nun anhand der folgenden, die Erfindung nicht einschränkenden Ausführungsformen beschrieben. Gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, wie sie in Fig. 1 veranschaulicht ist, wird ein polykristalliner Wolframdraht mit einem Durchmesser von ungefähr  $0,15$  mm zu einem Heizfaden 2 mit einer haarnadelähnlichen Form geformt. Eine Einkristallnadel 1 aus Wol-

fram, die eine Kristallorientierung  $\langle 100 \rangle$  aufweist, ist mit dem Scheitel des Zentralabschnittes des Heizfadens 2 verbunden, und ein Endabschnitt von dieser wird dann einem elektrochemischen Ätzzvorgang in einer NaOH-Lösung ausgesetzt, um eine Spitze der Einkristallnadel 1 zu bilden. Ein Vorrat 3, der Zirkonium und ein phasenstabilisierendes Element oder eine Verbindung enthält, ist an dem Heizfaden 2 angeordnet.

Der Vorrat 3 wird durch Beimischung eines Pulvers aus Zirkoniumoxid und einem phasenstabilisierenden Element oder einer Verbindung zu einem Lösemittel zubereitet, um einen Brei zu bilden. Der Brei wird auf einen Scheitelabschnitt des Heizfadens 2, einen Zwischenabschnitt der Einkristallnadel 1 oder einen Grundabschnitt der Einkristallnadel 1 aufgebracht, um den Vorrat 3 zu bilden.

Das Bezugszeichen 4 kennzeichnet einen Anschluss, der vorzugsweise aus Edelstahl gefertigt ist und an den der Heizfaden 2 durch Punktschweißung angeschweißt ist, und das Bezugszeichen 5 kennzeichnet einen keramischen Isolator.

In einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, wie sie in Fig. 2 dargestellt ist, ragt die Einkristallnadel 10 durch einen Suppressor (Fangelektrode) 11 hindurch aus diesem heraus. Der Suppressor 11 wird gewöhnlich in Bezug auf die Einkristallnadel 10 bei einer Spannung von  $500$  bis  $1200$  Volt gehalten. Ein Vorrat 13 an Zirkonium und einem phasenstabilisierenden Element oder einer Verbindung ist an einem Filament 12 an einer der beiden in Fig. 2 gezeigten Positionen angeordnet. Das Bezugszeichen 14 kennzeichnet einen Heizfaden.

Fig. 3 zeigt im Detail den in der Nähe der Einkristallnadel 20 befindlichen Abschnitt einer herkömmlichen Schottky-Emissions-Kathode.  $ZrO_2$ -Teilchen, die aus dem Vorrat ausbrechen können (in Fig. 3 nicht veranschaulicht), können sich in der Nähe der Öffnung 22 in dem Suppressor 21 absetzen, durch die die Einkristallnadel 20 nach außen ragt. Solche  $ZrO_2$ -Teilchen können "Klumpen" 23 bilden, die das elektrische Feld in der Nähe der Einkristallnadel 20 verändern und verzerren und in der Form des Elektronenstrahls Brüche oder Verkürzungen verursachen können.

Vorzugsweise ist der Heizfaden für die vorliegende Erfindung aus einem Material hergestellt, das aus der aus W, Mo und Re bestehenden Gruppe ausgewählt ist. Die Einkristallnadel ist vorzugsweise aus einem Material hergestellt, das aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus W, Mo und Re besteht.

Bevorzugterweise ist der Heizfaden für die vorliegende Erfindung aus Wolfram gefertigt und die Einkristallnadel aus Wolfram hergestellt, das eine Kristallorientierung von  $\langle 100 \rangle$  entlang der Achse der Nadel aufweist, wobei das Ende der Spitze eine Facette  $\langle 100 \rangle$  ist.

Zu den Vorteilen der vorliegenden Erfindung, die eine Schottky-Emissions-Kathode betrifft, die einen Vorrat oder eine Beschichtung aus Zirkoniumdioxid ( $ZrO_2$ ) mit eingebrachter phasenstabilisierender Verbindung oder einem Element benutzt, gehören die Folgenden: eine beträchtliche Reduzierung des Zirkoniumverlustes, eine wesentliche Verlängerung der Lebensdauer der Kathode, wenn die Betriebsbedingungen schnelles Zuschalten und Abschalten des Heizstroms für die Spitze ergeben, und eine verminderte Kontamination der Elektronenkanone.

Die Stabilisierung einer kristallinen Phase des Zirkoniums durch die vorliegenden Erfindung verhindert Spannungen, die in dem Vorrat aufgrund der großen Volumenänderung hervorgerufen werden, die den Wechsel von einer monoklinischen kristallinen Phase zu einer tetragonalen kristallinen Phase begleitet, der Auftritt, wenn die Schottky-Emissions-Kathode von der Raumtemperatur bis auf die Be-

triebstemperatur (gewöhnlich 1800 K) erhitzt wird oder wenn die Spitze "abgeschaltet" und von der Betriebstemperatur auf die Raumtemperatur abkühlen gelassen wird, wobei sie einen Wechsel von der tetragonalen Struktur zurück zur monoklinischen Struktur vollzieht.

In der vorliegenden Erfindung kann jede Verbindung verwendet werden, die eine Phase des  $ZrO_2$  über den Temperaturbereich von ungefähr 293 Kelvin bis 1800 Kelvin stabilisiert, die selbst kein Kontaminationsrisiko für die Elektronenkanone oder die Emissionsspitze darstellt und die die Austrittsarbeit der vorzugsweise aus Wolfram bestehenden Facette  $\langle 100 \rangle$  nicht wesentlich heraufsetzt. Eine Wolframnadel (Einkristallnadel oder -spitze) mit erfindungsgemäß stabilisiertem  $ZrO_2$  weist eine Austrittsarbeit von ca. 2,6 bis 2,95 eV an der Facette  $\langle 100 \rangle$  auf, wohingegen für Wolfram alleine (bei einer herkömmlichen Vorrichtung) die Austrittsarbeit an der Facette  $\langle 100 \rangle$  in etwa 4,7 eV beträgt.

Verbindungen, die den  $ZrO_2$  entsprechend der vorliegenden Erfindung stabilisieren, enthalten  $CaO$ ,  $Y_2O_3$  und  $MgO$ . Zur Stabilisierung der tetragonalen Phase von Zirkoniumdioxid ist beispielsweise eine Verbindung aus  $Y_2O_3$  mit einer Konzentration von 3 mol-% bis 8 mol-% und vorzugsweise 3 bis 6 mol-% und  $ZrO_2$  ermittelt worden.

#### Beispiel

Verfahren zur Herstellung einer Schottky-Emissions-Kathode mit einem  $ZrO_2$  und eine phasenstabilisierende Verbindung enthaltenden Vorrat

- (1) Ein Verfahren, das den in der US-PS 5.838.096 beschriebenen Vorschriften folgt, bei dem das angewandte Pulver jedoch stabilisiertes oder teilweise stabilisiertes Zirkoniumdioxid ist. Das Pulver besteht in einer Linie aus einem Oxid des Zirkoniums mit dem Zusatz eines Stabilisierungsmittels, bspw. eines Oxids von Yttrium, Magnesium oder Calcium. Das Pulver aus stabilisiertem oder teilweise stabilisiertem Zirkoniumdioxid kann verwendet werden, indem es mit einem organischen Bindemittel und einem Lösemittel vermischt wird, was dann auf eine geätzte Einkristall-Wolframnadel aufgebracht und getrocknet wird, bevor der Vorrat durch Aufheizen im Vakuum gesintert wird, wie es in der US-PS 5.838.096 beschrieben ist.
  - (2) Ein Verfahren, dass die Vorschriften befolgt, wie sie in der US-PS 3.814.975 beschrieben sind, bei dem das verwendete Pulver aber stabilisiertes oder teilweise stabilisiertes Zirkoniumdioxid ist. Das Pulver besteht vor allem aus einem Oxid des Zirkoniums mit dem Zusatz eines Stabilisierungsmittels, wie bspw. einem Oxid von Yttrium, Magnesium oder Calcium. Das Pulver aus stabilisiertem oder teilweise stabilisiertem Zirkoniumdioxid kann verwendet werden, indem es mit einem organischen Bindemittel oder einem Lösemittel vermischt wird, was anschließend auf eine geätzte Einkristall-Wolframnadel aufgebracht und trocken gelassen wird, bevor der Vorrat durch Aufheizen im Vakuum gesintert wird, wie dies in der US-PS 5.838.096 beschrieben ist.
  - (3) Ein Verfahren, bei dem die Stabilisierung des  $ZrO_2$ -Vorrats dadurch erreicht wird, dass die Menge einer stabilisierenden Verbindung, die dem  $ZrO_2$  beigelegt wird, derart ausreichend bemessen ist, dass ein Teil des  $ZrO_2$  bei Zimmertemperatur entweder in einer tetragonalen oder in einer kubischen kristallinen Form verbleibt.
- Die vorliegende Beschreibung dient der Veranschauli-

chung und nicht der Einschränkung der Erfindung, und viele Modifikationen und Veränderungen können vorgenommen werden, ohne den Gegenstand und Geltungsbereich der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

#### Patentansprüche

1. Eine Schottky-Emissions-Kathode, die aufweist: einen Heizfaden, der aus einem ersten hitzebeständigen Metall hergestellt ist, eine Einkristallnadel, die eine Facette aufweist und aus einem zweiten hitzebeständigen Metall hergestellt ist, das mit dem Heizdraht verbunden ist, und einen an der Einkristallnadel und/oder dem Heizfaden und/oder der Verbindung zwischen der Einkristallnadel und dem Heizfaden angeordneten Vorrat, der  $ZrO_2$  und ein phasenstabilisierendes Element oder eine Verbindung enthält, das oder die eine Phase des  $ZrO_2$  in einem Temperaturbereich von 293 bis 1800 Kelvin stabilisiert, wobei das phasenstabilisierende Element oder die Verbindung (i) keine kontaminierende Substanz für die Einkristallnadel darstellt und (ii) die Austrittsarbeit irgend einer anderen Kristallfacette der Einkristallnadel nicht erheblich heraufsetzt.
2. Schottky-Emissions-Kathode nach Anspruch 1, bei der das erste hitzebeständige Metall Wolfram ist.
3. Schottky-Emissions-Kathode nach Anspruch 2, bei der das zweite hitzebeständige Metall Wolfram ist.
4. Schottky-Emissions-Kathode nach Anspruch 3, bei der die Einkristallnadel Wolfram mit der Orientierung  $\langle 100 \rangle$  ist.
5. Schottky-Emissions-Kathode nach Anspruch 1, bei der das phasenstabilisierende Element oder die Verbindung  $CaO$  ist.
6. Schottky-Emissions-Kathode nach Anspruch 1, bei der das phasenstabilisierende Element oder die Verbindung  $MgO$  ist.
7. Schottky-Emissions-Kathode nach Anspruch 1, bei der das phasenstabilisierende Element oder die Verbindung  $Y_2O_3$  ist.
8. Schottky-Emissions-Kathode nach Anspruch 7, bei der die Konzentration des  $Y_2O_3$  3 bis 8 mol-% beträgt.
9. Schottky-Emissions-Kathode nach Anspruch 7, bei der die Konzentration des  $Y_2O_3$  3 bis 6 mol-% beträgt.
10. Schottky-Emissions-Kathode nach Anspruch 7, bei der die Konzentration des  $Y_2O_3$  3 mol-% oder 6 mol-% beträgt.
11. Schottky-Emissions-Kathode nach Anspruch 4, bei der das phasenstabilisierende Element oder die Verbindung  $CaO$  ist.
12. Schottky-Emissions-Kathode nach Anspruch 4, bei der das phasenstabilisierende Element oder die Verbindung  $MgO$  ist.
13. Schottky-Emissions-Kathode nach Anspruch 4, bei der das phasenstabilisierende Element  $Y_2O_3$  ist.
14. Schottky-Emissions-Kathode nach Anspruch 13, bei der das  $Y_2O_3$  in einer Konzentration von 3 bis 8 mol-% vorliegt.
15. Schottky-Emissions-Kathode nach Anspruch 13, bei der das  $Y_2O_3$  in einer Konzentration von 3 bis 6 mol-% vorliegt.
16. Schottky-Emissions-Kathode nach Anspruch 13, bei der die Konzentration des  $Y_2O_3$  3 mol-% oder 6 mol-% beträgt.
17. Verfahren zur Stabilisierung eines  $ZrO_2$ -Vorrats einer Schottky-Emissions-Kathode mit einem Heizfaden und einer eine Facette aufweisenden und mit dem